第46卷 第3期
2023年3月
干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY
Vol. 46 No. 3
Mar. 2023

黄土丘陵沟壑区农村居民点发展类型识别
——以吴起县为例

李嘉会， 吴金华， 王 祯， 白雨霞

（长安大学土地工程学院，陕西 西安 710065）

摘 要：利用最小累积阻力（Minimal cumulative resistance，MCR）模型，从生态和建设2个角度出发，确定居民点布局适宜性，辅以社会网络分析法研究居民点空间网络关系，从居民点整体适宜性和个体重要性出发，识别陕西省延安市吴起县的居民点发展类型。结果表明：（1）地形和交通条件为决定黄土丘陵沟壑区居民点空间布局的关键约束力，居民点集聚程度整体不高，以带状分布为主，散中有聚。（2）适宜性分区结果表现出“整体集聚、部分分散”的特征，位于适宜建设区内的农村居民点占62.83%，部分居民点分布影响区域生态稳定性。（3）现有居民点网络结构不均匀，需培育发展潜力较大的村庄节点，促进村镇地区均衡发展。（4）基于适宜性及网络分析结果，划分“直接城镇类”“优先发展类”“有条件发展类”“限制扩张类”4种类型并提出相应的发展重点。研究结果可为黄土丘陵沟壑区农村居民点合理规划和发展提供参考。

关 键 词：农村居民点；黄土丘陵沟壑区；适宜性分区；社会网络分析；居民点发展类型

文章编号：1000－6060(2023)03－0397－10(0397～0406)

农村居民点作为城乡建设用地的重要组成部分，承载农村生产、生活等综合功能[1]，其空间结构和发展趋势是乡村空间合理布局的关键。然而我国农村在经济发展路径、城镇化、土地制度等因素驱动下[2]，不同村庄规模形态、空间结构产生巨大差异[3]，普遍面临宅基地荒废、布局散乱、基础设施缺失、环境污染等问题[4]，影响乡村发展的稳定性和可持续性，亟需把握乡村异质性，挖掘自身发展潜力，促进农村土地高效利用。在乡村振兴背景下，从微观角度把握不同居民点发展类型[5]，并以此为导向探索乡村地区发展路径，是推进乡村地区健康长远发展的必然选择。

国外研究起步较早，主要聚焦在农村居民点选址与布局理论[6]以及针对特殊情况的居民点优化[7-8]。国内学者依据我国特点，提出新农村建设、空心村、乡村空间重构等理论[9-11]。实证研究方面，集中在居民点空间分布现状及影响因素[12]、演变及驱动机制[13]、布局优化、空间重构及类型识别方面[4]，从适宜性[14]、农户意愿[15]、耕作半径[16]视角出发，引入地理信息系统（GIS）空间分析[17]、最小累积阻力（Minimal cumulative resistance，MCR）模型[14]、引力模型和加权Voronoi图[18]等方法探索居民点优化路径。总体而言，现有研究中，研究理论丰富，研究方法多样。但对特殊地貌形态下的居民点研究稍显滞后，多集聚在脆弱区[19]、传统农区[20]。本文以吴起县为例，采用MCR模型确定居民点布局适宜性，辅以社会网络分析法，分析居民点的网络特征，筛选重要节点；最终根据适宜性及节点重要性，划分不同农村居民点发展类型，并提出相应发展路径，以期为村庄发展提供可借鉴的理论和实践经验。

收稿日期：2022-07-01； **修订日期：**2022-10-03
基金项目：国家自然科学基金项目（41571346）资助
作者简介：李嘉会（1997-），女，硕士研究生，主要从事土地利用与乡村地理研究. E-mail: 2574594645@qq.com
通讯作者：吴金华（1965-），女，博士，教授，主要从事土地信息系统与土地利用规划研究. E-mail: jinghuaw@chd.edu.cn

1 研究区概况

吴起县(107°38′57″~108°32′49″E,36°33′33″~37°24′27″N)位于陕西省延安市西北部,与甘肃省华池县接壤,下辖8镇1街道,总面积3.79×10⁹ m²,整体海拔1226~1795 m,地形起伏大,坡度变化复杂,属于典型黄土丘陵沟壑区(图1)。2019年末,吴起县人均居民点面积为162.74 m²。作为曾经水土流水最严重的县区之一,吴起率先实施退耕还林,成为我国退耕还林第一县。随着封山禁牧、乡村振兴战略影响,生态环境明显改善,基础设施逐步完善,但居民点存在斑块松散、区域差异明显等问题。亟需基于生态角度,改善农村居民点发展条件,促进乡村地区良性发展。

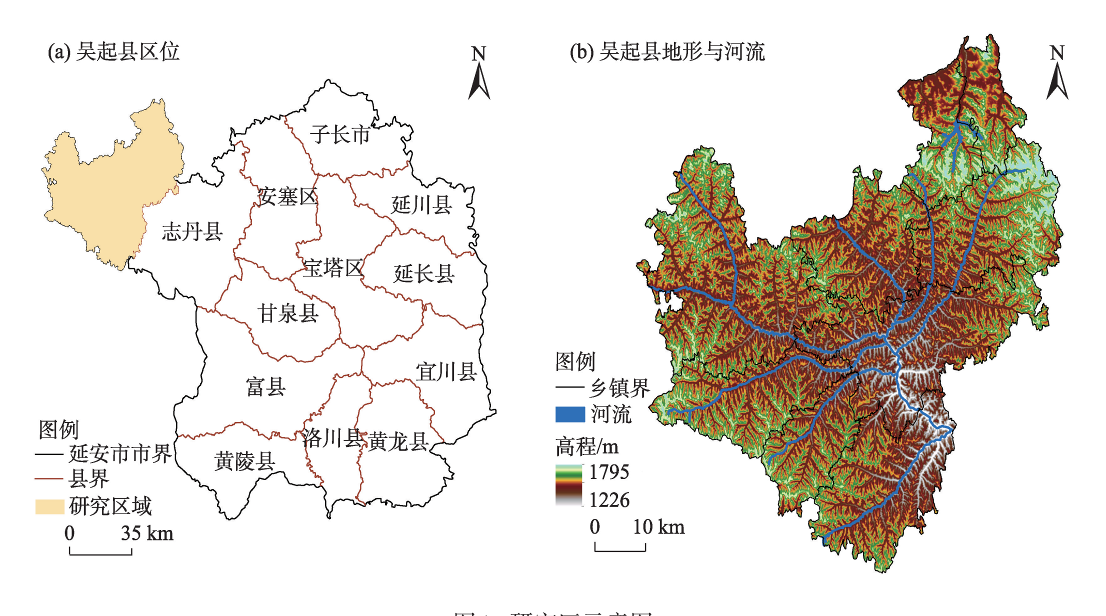


图1 研究区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the study area

2 数据与方法

2.1 数据来源与预处理

基础数据包括:(1)数字高程(DEM)数据,来源于地理空间数据云(https://www.gscloud.cn/),表面分析后得到坡度和坡向数据;(2)Landsat-8遥感影像数据;(3)土地利用数据,来源于第三次国土调查成果,提取河流、道路信息、农村居民点(合并被道路、公共边界分割的居民点图斑);(4)夜间灯光数据,来源于珞珈一号,辐射定标、相互校正、掩膜提取后得到研究区夜间灯光影像;(5)社会经济数据来源于统计年鉴。数据均为2019年,2000国家大地坐标系,30 m空间分辨率。

2.2 居民点空间特征分析方法

引入GIS空间分析及分布指数,分析居民点空间布局主要影响因素及分布特征[17];引入核密度分析居民点空间集聚效应[21]。

$$P=\frac{(S_{ie}/S_i)}{(S_e/S)} \tag{1}$$

式中:P为分布指数;S_{ie}为区域e内居民点i面积(m²);S_i为农村居民点总面积(m²);S_e为区域e总面积(m²);S为土地总面积(m²)。

2.3 适宜性分区方法

MCR模型其实质是分析和寻找人或其他生物从源到终点过程中克服最小累积要素阻力通道[22],其计算公式如下:

$$\mathrm{MCR}=f_{\min}\left(\sum_{j=n}^{i=1} D_{ij}\times R_i\right) \tag{2}$$

式中:MCR为最小累积阻力值;D_{ij}为源i到单元j的距离(m);R_i为源i扩张的阻力系数。

模拟居民点“源”和生态“源”扩张过程。计算两者差值($\mathrm{MCR}_{差值}$),确定居民点布局适宜性,其计算公式如下:

$$MCR_{差值} = MCR_{居民点} - MCR_{生态} \quad (3)$$

式中：$MCR_{居民点}$、$MCR_{生态}$分别为居民点扩张及生态扩张阻力。$MCR_{差值}$<0，适宜居民点扩张；反之，适宜生态扩张；$MCR_{差值}$趋于0为缓冲区。

2.3.1 扩张"源"的选取

（1）居民点"源"。从合理性、集聚性、易拓性、代表性角度，选取居民点扩张"源"。此外，夜间灯光与经济具有显著正相关性[23]。将各乡镇生产总值（GDP）、常住人口与夜间灯光总值（Total night-time light，TNL）做相关性分析，其中TNL与GDP、常住人口线性模型的决定系数分别为0.82、0.94，GDP与常住人口模拟值、实际值的相对误差分别为8.01%、2.84%，可以反映研究区经济和人口情况。

（2）生态"源"。研究区自身环境敏感。通过敏感性评价，识别易发生态问题区域，作为维持生态稳定的重要斑块。仅通过敏感评价易忽略维持生态稳定的核心斑块。因此，结合形态学空间格局（Morphological spatial pattern analysis，MSPA）共同识别生态"源"。

① 生态敏感性评价指标构建及分级。地貌形态、植被覆盖、土地利用及降雨量是影响研究区生态稳定的主要因素。但降雨量整体差距小，因此选择高程、坡度等7个因子，并对各因子赋值，值越大，敏感度越高（表1）。

② 指标权重确定。运用熵权法，依据数据离散程度来获取权重，离散程度大，信息多，权重越大（表1）。

③ 生态敏感性评价。将各因子指标加权叠加，得到生态敏感性值。

利用MSPA把目标像元分为核心区、桥接区等7个不重叠的类型，快速获取核心斑块[24]。将林地、草地、耕地、水域提取作为主要生态斑块，设置为前景值2，其余设置为1。边缘宽度为4[25]，获取核心斑块。

表1　生态敏感性评价指标体系

Tab. 1　Evaluation index system of ecological sensitivity

评价因子	类别					权重
高程/m	1550~1795	1473~1550	1400~1473	1321~1400	1226~1321	0.12
坡度/(°)	>27	20~27	14~20	8~14	0~8	0.18
坡向	N	SE、SW	E、W	NE、NW	S	0.13
水系距离/m	水域区域	300	300~800	800~1200	>1200	0.16
归一化植被指数	≥0.7	≤0.0	0.5~0.7	0.3~0.5	0.0~0.3	0.23
土地利用	其他土地	林地、水域	草地	耕地、园地	建设用地	0.18
敏感分值	5	4	3	2	1	-

2.3.2 阻力体系构建及权重确定　居民点和生态扩张在一定程度上存在竞争关系[26]。在相同体系下，比较两者阻力大小，强化两者间衔接性。地形、区位、土地利用和经济因素相互关联，决定了居民点的数量和空间布局[12]。研究区内，居民点更有可能在缓坡、低高程、阳坡、离水中等、靠近道路和城镇、经济较好地区集聚。因此，从地形、区位、土地利用、经济阻力角度，选取8个阻力因子，并参考文献，利用yaahp构建判断矩阵，确定各因子权重（表2）。

2.3.3 差值分区方法　MCR模型模拟的是"源"向外移动过程，在空间上表示为不同区间差异[28]。因此，采用统计学方法，分析类别和数量差异，需求突变点，确定分区边界。

2.4 居民点网络分析方法

居民点之间存在密切空间联系[18]。将各行政村中心简化为节点，节点间用连接线表示，引入引力模型建立居民点网络，见式(4)。将节点与其他节点联系强度平均值设为门槛，删除无效连接。

$$Q_{ij} = K_{ij}\frac{A_i A_j}{d_{ij}^b} \quad (4)$$

式中：Q_{ij}为行政村i、j的联系强度；A_i、A_j为行政村i、j的居民点面积（m²）；d_{ij}为行政村i、j间的道路距离（m）；$K_{ij} = \frac{A_i}{A_{i+}A_j}$，反映不同规模居民点间的引力；$b$值取2。

表2 居民点扩张与生态扩张阻力体系指标

Tab. 2 Indicators of resistance system of residential expansion and ecological expansion

阻力因子	阻力等级					权重	文献
居民点“源”	1	2	3	4	5	–	–
生态“源”	5	4	3	2	1	–	–
坡向	S	SE、SW	E、W	NE、NW	N	0.06	[27]
坡度/(°)	0~6	6~15	15~20	20~25	>25	0.12	[24]
高程/m	1226~1321	1321~1400	1400~1473	1473~1550	1550~1756	0.13	[24]
镇距离/m	<500	500~1000	1000~1500	1500~2000	>2000	0.12	[14]
道路距离/m	<300	300~500	500~800	800~1000	>1000	0.19	[25]
水系距离/m	>1200	900~1200	600~900	300~600	0~300	0.10	[24]
用地类型	建设用地	林地、园地、草地	耕地	其他土地	水域、特殊用地	0.20	[25]
灯光总值	>17178	10200~17178	4013~10200	1200~4013	0~1200	0.08	[14]

以网络中度中心性、点出度、点入度，来反映节点在居民点网络中的重要程度[5]。

（1）度中心性。表示节点总联系强度，体现控制力和影响力，利用自然断点法，将其划分为中心节点、次中心节点、一般节点3种类型。

（2）点出度表示节点对其他节点影响程度，点入度表示节点接受其他节点影响程度。点出度大于点入度，节点在资源流动中处于“辐射地位”，对其他节点具有带动能力，为输出型特征；反之，为输入型。

2.5 村庄类型识别方法

借助二维矩阵，显示适宜性及网络分析间的空间错位情况[4]。以适宜性为x轴，网络分析结果为y轴，适宜建设区、中心节点赋值为“高”，缓冲区、次中心节点为“中”，生态保护区、一般节点为“低”。其中，高-高为领先地位居民点，为直接城镇类；高-中、中-高组合发展前景较大，为优先发展类；低-高、中-中、高-低组合存在明显短板，为有条件发展类；低-低、中-低、低-中组合发展潜力较小，为限制扩张类。

3 结果与分析

3.1 居民点空间特征分析

居民点空间分布特征。农村居民点空间分布与地形及道路之间具有明显关联性。高于1550 m区间内居民点分布指数均大于1，表明高程1226~1550 m区域为居民点分布优势区；坡度上，分布指数值在0~6°、6°~15°、15°~20°区间分别为4.22、2.47、1.18，说明0~20°是农村居民点分布的优势坡度；此外，在0~300 m道路内，分布指数为最大2.46，表明交通是研究区居民点布局的优先考虑因素。随着道路距离增加，居民点面积减少，其中0~200 m为急剧递减区间；200~500 m区间，距离每增加100 m，面积平均减少3.25×10^5 m^2；大于500 m，居民点面积稳定在3.00×10^5 m^2，因此研究区道路对居民点的空间服务范围在500 m左右。

居民点集聚分布特征。吴起县居民点分布均衡，变化趋势相似，以带状为主，散中有聚（图2）。核密度值在10以下居民点占比最大，最高值为

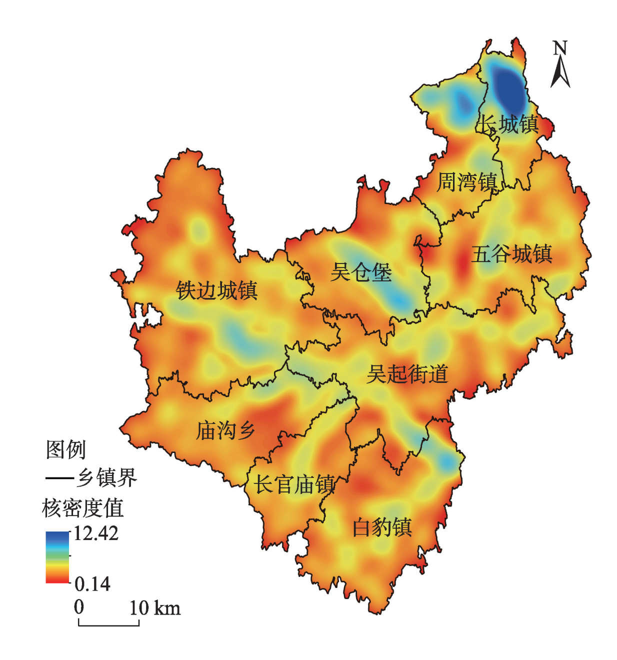


图2 吴起县核密度分布

Fig. 2 Nuclear density distribution of Wuqi County

12.42，位于最北端长城镇。城镇的辐射效应不明显，农村居民点主要沿交通要道分布。

3.2 适宜性分区

3.2.1 扩张“源”选取结果 居民点扩张“源”选取结果。1226~1550 m高程，0~20°坡度，0~300 m道路距离为居民点布局优势区。从生产生活角度，1550 m以下属于河谷平面区，农业生产和种植运输条件有利，生产要素集聚；超过1550 m，生产生活成本增加，且土地破碎增加，不利于集约和产业布局。0~6°坡度居民点分布优势最大，但6°以下区域较少，梯田和果园集中在7°~15°。此外，黄土易受水侵蚀，居民点多位于15°~20°的山丘位置，超过20°，建造成本和难度增加，土壤侵蚀加剧[27]。居民点在道路服务半径内，同周边进行密切联系和经济往来[29]。TNL小于200的区域，经济和常住人口情况都相对落后，基础设施不完善。因此，最终选取高程1550 m以下、坡度20°以下、道路距离500 m内、TNL大于200的农村居民点作为扩张“源”(图3b)。

生态扩张“源”选取结果。利用自然断点法，将敏感性评价结果划分为高、中、低3类，提取“高”类别斑块，叠加核心斑块，获得生态斑块(图3a)，65.04%的图斑小于2.00×10^4 m^2，碎片化特征明显。参考梁发超等[30]的做法，提取生态扩张“源”，共选取了80块生态“源”地，占生态斑块面积的74.09%，能够维持区域生态稳定(图3b)。

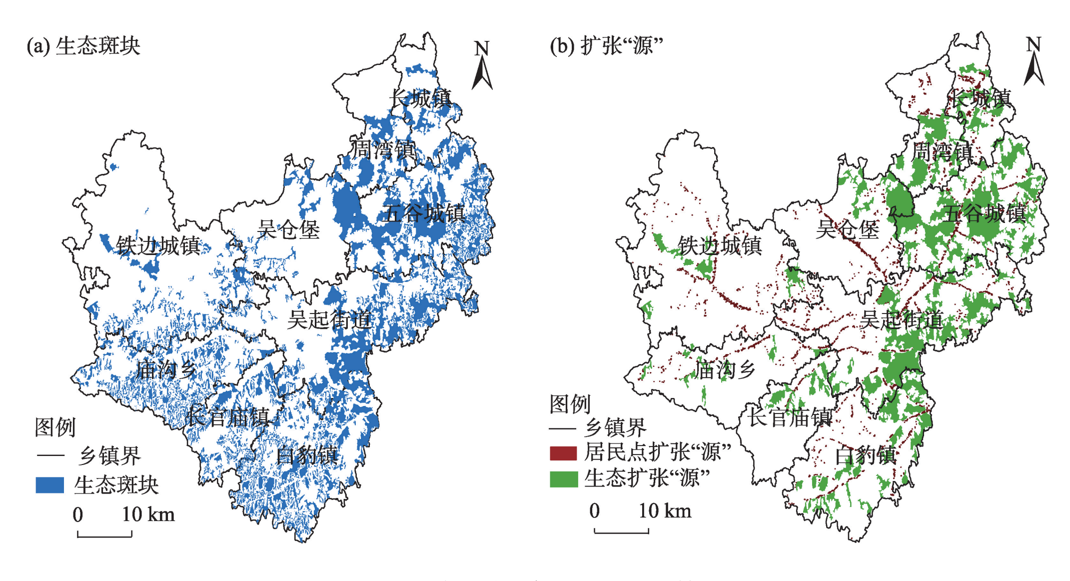


图3　生态斑块及扩张“源”选取结果

Fig. 3　Ecological plaque and result of expanding source selection

3.2.2 阻力面差值分区 利用标准差(1/2间隔)分类方法[28]，进行分区，见表3。

3.2.3 适宜性分区 适宜建设区面积为1.46×10^9 m^2，占比为38.83%，其中铁边城、吴仓堡、吴起、周湾等镇的建设适宜性较为突出，地形相对平坦，发展成本和难度较小，区位条件优越，发展便利性高，适宜进行各种开发建设活动；生态保护区面积为1.43×10^9 m^2，占比为37.64%，集中分布在东北和西南地区，该区域为大面积生态重要斑块及核心斑块，需要加以保护，应当限制居民点建设及扩张行为；缓冲区介于两者之间，面积为8.89×10^8 m^2，均匀分布在各乡镇，建设和生态的优势皆不明显，是居民点建设与生态扩张的过渡缓冲地带(图4)。将居民点与分区结果叠加统计，2019年位于适宜建设区内的居民点有6503个，面积为1.08×10^7 m^2，占比为62.83%，集中分布在地势平坦地区，道路通达，发展

表3　适宜性分区面积占比

Tab. 3　Area proportion of suitability subareas

分区类型	MCR$_{差值}$	面积/m^2	占比/%
适宜建设区	[−31054, −1264)	1.46×10^9	38.83
缓冲区	[−1264, 2879)	8.89×10^8	23.53
生态保护区	[2879, 36917)	1.43×10^9	37.64

注：MCR$_{差值}$为农村居民点扩张与生态扩张阻力的差值。

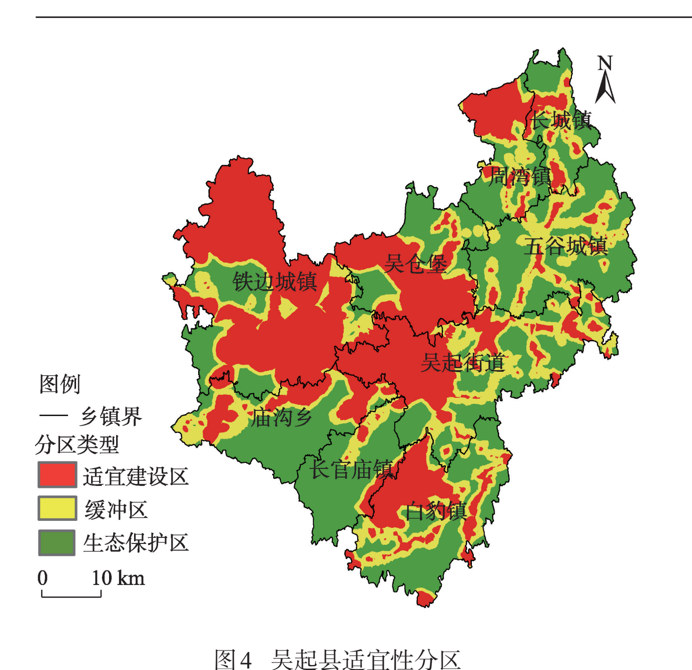


图4 吴起县适宜性分区

Fig. 4 Suitability subareas of Wuqi County

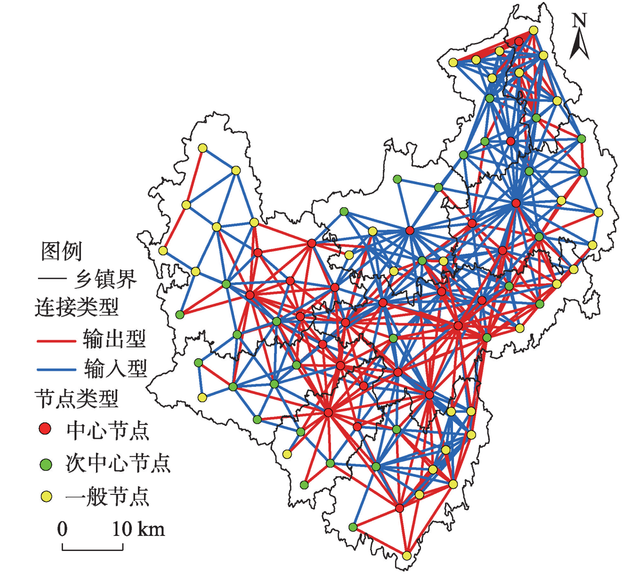


图5 吴起县居民点网络

Fig. 5 Rural residence network in Wuqi County

条件好;处于缓冲区的居民点有2565个,占图斑总量的22.96%,面积为3.86×10^6 m^2,占比为22.41%;仍有14.75%的农村居民点位于生态保护区内,该类居民点有2105个,基础条件差且分布散乱,影响区域生态稳定性。

3.3 居民点网络分析结果

结合图5可以发现,中心节点与其他节点的空间连接最多,在局部网络中也占据较为重要位置,能够带动周围其他节点的发展;次中心节点能较好地从其他村庄获取资源,对其他村庄也产生一定的"辐射"作用,但发展条件略次于中心节点;一般节点的空间连接线最少,在网络结构中处于劣势地位,获取资源能力也较弱。另外,输出型村庄与其他型村庄相比,空间连接线数量较多,其影响力和控制力也越强。因此,输出型特征的村庄大多在局部网络体系中扮演重要角色,往往具备成为中心节点的潜力,可以根据村庄类型和空间连接线的多少判断村庄的重要程度。但一些节点并不具备"输出型"村庄特征,但在区位上存在有利条件,接受和吸收其他村庄资源的能力较强,也能成为区域的中心节点。从整体来看,各乡镇都包括至少1个中心节点,城镇、主城区周围节点的空间连接最多,其发展条件也最优越,而远离城镇的村庄,多为一般节点,表明城镇辐射范围有限,现有网络结构无法带动周围节点的发展,应当培育发展潜力较大的节点,促进村镇地区均衡发展。

3.4 村庄类型识别

直接城镇类(重品质):此类居民点自身条件较为优越,地势相对平坦,居民点集聚程度高,生态敏感性低、吸引力强,有利于生活、生产和交通运输,具备带动区域发展的潜力,涉及15个行政村。因此,在未来发展中应当充分发挥中心节点集聚效应,在巩固自身优势的基础上,提升居民生活品质。从居民日常生产、生活及出行需求,健全村镇级基础设施建设,打造农村居民"基本生活服务圈",提高居民点生活便捷度,维持和扩大中心节点竞争力和带动力,就地实现城镇化,以此带动周围村庄发展。最终实现以点带面,直接促进区域城镇化进程。

优先发展类(拔短板):优先发展村属于缓冲区的中心节点,或是位于适宜建设区,但节点的影响力未得到充分发挥,涉及16个行政村。此类村庄在整个居民点网络体系中承担着城镇一体化的重任,需要分担中心节点建设用地不断扩张的压力,应当摆在优先发展地位。因此,在未来发展中应把握村庄发展短板和优势,提高可持续发展潜力,加强资源集约高效利用。在缓冲区内,建立政策激励机制,鼓励宜林则林、宜农则农、宜牧则牧的发展方式,以林养土、以土肥田、以田养人,促进农林人和谐发展;在适宜建设区内寻求突破,尝试将农业与

黄土农耕文化结合，挖掘适宜当地的农业产业结构，改善发展短板，强调自身发展活力，保持与周围中心节点的联系，保证乡村发展的延续性和可持续性。

有条件发展类（顺自然）：此类居民点本身在适宜性和空间联系之间只占据一方面的优势，受生态环境或自身掣肘，与其他中心节点或次中心节点的竞争中处于弱势地位，涉及32个行政村。因此，居民点发展应在尊重和顺应自然基础上进行。在适宜建设区域内，居民点发展条件略次于优先发展类，应当以提升居民点内外连通度为主，内部挖潜为辅。一方面争取更为通达的城镇村道路网络，为村民出行和生产提供更加便捷通畅的环境；另一方面，通过居民点内部挖潜，整理破坏村庄风貌居民点，使其布局趋于合理，改善人居环境。对于非建设区适宜区，以"田、林、路、渠"配套实施，"梁、峁、塬、坡、沟"综合治理为突破口，限制农村建设用地规模，巩固生态优势，改善生产条件，发展集约化现代化农业，努力提升为更高等级的居民点。

限制扩张类（重生态）：此类居民点位于生态保护区或缓冲区内，涉及28个行政村。地表支离破碎，属于生态敏感性斑块较多区域，且远离中心城镇，村庄自身的辐射和被辐射能力不足，难以吸引到优质资源，农业生产以及生活受到多重限制。因此，村庄未来发展应当强调区域生态功能，严格限制居民点随意扩张。针对成片林地，坚持保护优先、因地制宜、封育结合；针对居民生活圈，将生态治理和发展特色产业相结合。种植具有生态和经济价值的苹果、牡丹、月季等，承担相应生态服务价值的同时，依托自身生态优势，提升环境服务功能，开展乡村旅游业，探索"产""村""人"协调发展，"居""业""游"共进的绿色发展格局。

4 讨 论

本文综合MCR模型及社会网络分析法，从整体适宜性和个体重要性出发，识别不同的居民点发展类型，可以弥补单一评价方法的不足。在居民点适宜性评价中，研究者往往以村为研究单元，构建相应的指标体系评价村庄适宜性，以此来划分居民点类型[4,14]。本研究选取具有当地特色的扩张"源"，从生态和建设两方面衡量居民点布局适宜性，符合生态优先绿色发展共识。在引入引力模型反映村庄之间空间联系过程中，相关研究中直接引用引力模型反映村庄间的引力关系[18]。本文考虑居民出行以及不同规模居民点的贡献，修正引力模型，从而筛选出重要节点。此外，实际居民点类型识别工作涉及因素众多，本研究忽略了乡风民俗、周边城市辐射等因素，今后需进一步探究。

5 结 论

（1）从居民点空间特征来看，吴起县农村居民点呈现以带状分布为主、散中有聚分布特征。相较于城镇辐射效应，地形和交通条件为决定黄土丘陵沟壑区居民点空间布局的关键约束力，且居民点集聚程度整体不高，规模普遍较小，平均规模为1500 m^2。

（2）借助MCR模型进行适宜性分区，考虑生态环境限制下，土地作为农村居民点的适宜性问题。分区结果显示：适宜建设区、缓冲区和生态保护区表现为"整体集聚、部分分散"的特征，有62.83%的农村居民点位于适宜建设区内，整体布局较为合理，但部分居民点布局影响区域生态稳定性。

（3）从网络分析结果来看，吴起县各乡镇都包括至少1个中心节点，但部分乡镇现有网络结构不均匀，已有结构无法带动周围节点的发展，应当培育发展潜力较大的村庄节点，促进村镇地区均衡发展。

（4）基于农村居民点整体适宜性和个体重要性，识别直接城镇类、优先发展类、有条件发展及限制扩张4种农村居民点类型。直接城镇类以重质为主的发展路线进行引导；优先发展类以调整短板为发展思路；有条件发展类以顺应自然为重点，提升居民点等级；限制扩张类强调生态保护与服务。

参考文献（References）

[1] 冀正欣, 许月卿, 卢龙辉, 等. 乡村聚落空间优化研究进展与展望[J]. 中国土地科学, 2021, 35(6): 95-104. [Ji Zhengxin, Xu Yueqing, Lu Longhui, et al. Research progress and prospects for spatial optimization of rural settlements[J]. China Land Science, 2021, 35(6): 95-104.]

[2] 刘彦随, 严镔, 王艳飞. 新时期中国城乡发展的主要问题与转型对策[J]. 经济地理, 2016, 36(7): 1-8. [Liu Yansui, Yan Bin, Wang Yanfei. Urban-rural development problems and transformation countermeasures in the new period in China[J]. Economic Geography, 2016, 36(7): 1-8.]

[3] 冯丹玥, 金晓斌, 梁鑫源, 等. 基于"类型-等级-潜力"综合视角

的村庄特征识别与整治对策[J]. 农业工程学报, 2020, 36(8): 226-237, 326. [Feng Danyue, Jin Xiaobin, Liang Xinyuan, et al. Village feature identification and remediation countermeasures from the perspective of "type-rank-potential" [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(8): 226-237, 326.]

[4] 马利邦, 宫敏, 刘师春, 等. 基于居住适宜性的农村居民点空间重构类型识别——以陇中黄土丘陵区魏店镇为例[J]. 地理科学, 2022, 42(3): 456-465. [Ma Libang, Gong Min, Liu Shichun, et al. Identification of spatial reconstruction types of rural settlements based on residential suitability: A case study of Weidian Town in the loess hilly region of Longzhong[J]. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(3): 456-465.]

[5] 何建华, 覃荣诺, 丁愫, 等. 基于乡村宜居性和人口流动网络特征的农村居民点重构[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2021, 46(3): 402-409. [He Jianhua, Qin Rongnuo, Ding Su, et al. Reconstruction of rural settlement based on the characteristics of livability and population flow network[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University (Information Science Edition), 2021, 46(3): 402-409.]

[6] 李君, 李小建. 国内外农村居民点区位研究评述[J]. 人文地理, 2008(4): 23-27. [Li Jun, Li Xiaojian. A review on location of the rural settlement[J]. Human Geography, 2008(4): 23-27.]

[7] Dikmen N. Sustainable relocation in rural areas: An investigation in Cukur village, Turkey[J]. European Journal of Sustainable Development, 2018, 7(1): 59-74.

[8] Garakani S A, Lak A, Niyasati M. Toward sustainable development in post-flood relocation of rural settlements in Iran[J]. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, 2020, 11: 359-377.

[9] Liu Y S, Chen Y F, Long H L. Regional diversity of peasant household response to new countryside construction based on field survey in eastern coastal China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2011, 21(5): 869-881.]

[10] 刘彦随, 刘玉, 翟荣新. 中国农村空心化的地理学研究与整治实践[J]. 地理学报, 2009, 64(10): 1193-1202. [Liu Yansui, Liu Yu, Zhai Rongxin. Geographical research and optimizing practice of rural hollowing in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(10): 1193-1202.]

[11] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 中国乡村转型重构研究进展与展望——逻辑主线与内容框架[J]. 地理科学进展, 2015, 34(8): 1019-1030. [Yang Ren, Liu Yansui, Long Hualou, et al. Research progress and prospect of rural transformation and reconstruction in China: Paradigms and main content[J]. Progress in Geography, 2015, 34(8): 1019-1030.]

[12] 王兆林, 鄂施璇, 杜挺, 等. 山地丘陵区农村居民点空间分布特征及影响机制分析(英文)[J]. 农业工程学报, 2022, 38(10): 277-285. [Wang Zhaolin, E Shixuan, Du Ting, et al. Spatial distribution characteristics and influencing mechanism of rural settlements in mountainous areas[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(10): 277-285.]

[13] 赵冰雪, 夏敏, 符海月. 农村居民点动态演变及驱动机制研究——以江苏省宜兴市为例[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(1): 150-154, 171. [Zhao Bingxue, Xia Min, Fu Haiyue. Researches on dynamic evolution of rural residential land and its driving mechanism: A case of Yixing City, Jiangsu Province[J]. Areal Research and Development, 2015, 34(1): 150-154, 171.]

[14] 张颖, 徐辉. 基于MCR模型的农村居民点布局适宜性分区及优化模式研究——以南京市六合区金牛湖街道为例[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11): 1485-1492. [Zhang Ying, Xu Hui. Research on suitability subareas of rual residential distribution based on MCR model and optimization model[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(11): 1485-1492.]

[15] 彭丹, 王云平. 基于农户视角的农村居民点整理意愿研究综述[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(3): 22-26. [Peng Dan, Wang Yunping. A summary of the study on the willingness of rural settlements consolidation from the perspective of farmers[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(3): 22-26.]

[16] 李学东, 杨玥, 杨波, 等. 基于耕作半径分析的山区农村居民点布局优化[J]. 农业工程学报, 2018, 34(12): 267-273. [Li Xuedong, Yang Yue, Yang Bo, et al. Layout optimization of rural settlements in mountainous areas based on farming radius analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(12): 267-273.]

[17] 周亮, 朱彦儒, 孙东琪. 河西走廊城乡居民点空间分异特征及绿洲孕育度分析[J]. 干旱区地理, 2020, 43(1): 227-236. [Zhou Liang, Zhu Yanru, Sun Dongqi. Spatial differentiation characteristics and oasis breed degree of urban and rural residents in Hexi Corridor[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(1): 227-236.]

[18] 李卫民, 李同昇, 武鹏. 基于引力模型与加权Voronoi图的农村居民点布局优化——以西安市相桥街道为例[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(1): 77-82. [Li Weimin, Li Tongsheng, Wu Peng. Layout optimization of rural settlements based on gravity model and weighted Voronoi diagram: A case of Xiangqiao subdistrict[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(1): 77-82.]

[19] 李学东, 刘云慧, 李鹏山, 等. 生态脆弱区农村居民点布局优化对区域生态系统服务功能的影响——以四川省西昌市为例[J]. 生态学报, 2022, 42(17): 1-12. [Li Xuedong, Liu Yunhui, Li Pengshan, et al. Impact of layout optimization of rural settlement in ecologically fragile areas on the regional ecosystem service function: A case study of Xichang City, Sichuan Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(17): 1-12.]

[20] 杨孟豪, 刘阿敏, 曹连海, 等. 重点农区县域农村居民点用地时空变化及影响因素——以河南省为例[J]. 水土保持研究, 2019, 26(5): 304-311. [Yang Menghao, Liu Amin, Cao Lianhai, et al. Spatiotemporal variation characteristics and influencing factors of rual residential and in key agricultural areas: A case study of

Henan Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2019, 26(5): 304-311.]

[21] 李小璨, 阿荣, 佟宝全. 呼和浩特市生活性服务业空间布局特征及评价[J]. 干旱区地理, 2021, 44(4): 1186-1197. [Li Xiaocan, A Rong, Tong Baoquan. Characteristics and evaluation of the spatial distribution of life service industry in Hohhot City[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(4): 1186-1197.]

[22] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999, 19(1): 10-17. [Yu Kongjian. Landscape ecological security patterns in biological conservation[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(1): 10-17.]

[23] 徐嘉源, 陈美招, 郑荣宝, 等. 基于珞珈一号的珠三角地区GDP空间化研究[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(6): 689-697. [Xu Jiayuan, Chen Meizhao, Zheng Rongbao, et al. A spatialization study of GDP based on LJ-01 data in the Pearl River Delta[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2021, 37(6): 689-697.]

[24] 成文浩, 李同昇, 马彩虹. 基于MCR模型和DO指数的宁夏沿黄生态经济带生态安全格局构建[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2022, 52(3): 433-443. [Cheng Wenhao, Li Tongsheng, Ma Caihong. Construction of an ecological security pattern based on MCR model and DO index: A case study of the ecological and economic belt along the Yellow River in Ningxia[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2022, 52(3): 433-443.]

[25] 戴璐, 刘耀彬, 黄开忠. 基于MCR模型和DO指数的九江滨水城市生态安全网络构建[J]. 地理学报, 2020, 75(11): 2459-2474. [Dai Lu, Liu Yaobin, Huang Kaizhong. Construction of an ecological security network for waterfront cities based on MCR model and DO index: A case study of Jiujiang City[J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(11): 2459-2474.]

[26] 郑洋, 郝润梅, 吴晓光, 等. 基于MCR模型的村庄"三生空间"格局优化研究[J]. 水土保持研究, 2021, 28(5): 362-367. [Zheng Yang, Hao Runmei, Wu Xiaoguang, et al. Research on the spatial pattern optimization of production-living-ecological spaces in village based on MCR model[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(5): 362-367.]

[27] 汤国安, 宋佳. 基于DEM坡度图制图中坡度分级方法的比较研究[J]. 水土保持学报, 2006(2): 157-160, 192. [Tang Guo'an, Song Jia. Comparison of slope classification methods in slope mapping from DEMs[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006(2): 157-160, 192.]

[28] 李纪宏, 刘雪华. 基于最小费用距离模型的自然保护区功能分区[J]. 自然资源学报, 2006, 21(2): 217-224. [Li Jihong, Liu Xuehua. Research of nature reserve zonation based on the least-cost distance model[J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(2): 217-224.]

[29] 程迎轩, 王红梅, 刘光盛. 县域交通对农村房屋建筑区景观格局的影响研究——以广东佛山市三水区为例[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(3): 462-468. [Cheng Yingxuan, Wang Hongmei, Liu Guangsheng. Impacts of transportation network on the landscape pattern of rural communities at country level: A case study of Sanshui district, Foshan, Guangdong[J]. Research of Agricultural Modernization, 2015, 36(3): 462-468.]

[30] 梁发超, 刘浩然, 刘诗苑, 等. 闽南沿海景观生态安全网络空间重构策略——以厦门市集美区为例[J]. 经济地理, 2018, 38(9): 231-239. [Liang Fachao, Liu Haoran, Liu Shiyuan, et al. Spatial restructuring countermeasures of landscape ecological security network in southern Fujian: A case study of Jimei district in Xiamen[J]. Economic Geography, 2018, 38(9): 231-239.]

Identification of rural residential development types in loess hilly and gully region: A case of Wuqi County

LI Jiahui, WU Jinhua, WANG Zhen, BAI Yuxia

(School of Land Engineering, Chang'an University, Xi'an 710065, Shaanxi, China)

Abstract: This study uses a minimal cumulative resistance model to explore the suitability of a residential area layout from the perspective of ecology and construction and studies network relations of residential areas through social network analysis. Starting from the significance of the overall residential area suitability and individuals, this study also identifies various types of residential development in Wuqi County, Yan'an City, Shaanxi Province, China. The following results are presented. (1) The rural residential areas in Wuqi County have zonal distribution, and a clustering feature is observed in a scattered distribution. The terrain and traffic conditions are the key constraints to determining the residential area distribution in the loess hilly and gully regions. Additionally, the overall clustering degree is low, and the average scale is 1500 m^2. (2) Suitability zoning is conducted using the minimal cumulative resistance model to consider the suitability of land use in rural residential areas under the constraints of an ecological environment. In accordance with zoning results, the suitable construction area, buffer zone, and ecological protection area show the characteristics of "overall agglomeration and partial dispersion". A total of 62.83% of rural residential areas are situated in the suitable construction area and the overall layout is reasonable, but the layout of some residential areas has exerted impacts on the regional ecological stability. (3) Considering the results of network analysis, one central node is found at least in a village and town. However, the existing residential area network structure of some towns is not uniform and the existing network structure cannot boost the development of surrounding nodes. Therefore, village nodes with large development potential should be cultivated to promote the balanced development of villages and towns. (4) On the basis of the results of suitability zoning and network analysis, the zoning can be divided into the following four types: "direct town type", "prior development type", "conditional development type", and "restricted expansion type", and the corresponding development focuses are introduced. The research results can provide a reference for rational planning and rural residential development in the loess hilly and gully regions.

Key words: rural residential area; the loess hilly and gully region; suitability subareas; social network analysis; types of residential development